

УДК 622.61

**Е. М. Арефьев**, канд. техн. наук, доцент, **В. О. Гутаревич**, д-р техн. наук, доцент,  
**П. О. Забродченко**, инженер

Донецкий национальный технический университет, ДНР

E-mail: elcross@mail.ru

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПЕРЕМЕННОЙ ЗАГРУЖЕННОСТИ ШАХТНЫХ КОНВЕЙЕРОВ НА ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА ВИБРООЧИСТКИ ЛЕНТЫ**

*Произведена оценка влияния переменной загрузки шахтного ленточного конвейера, на эффективную область применения вибрационных очистителей. Определены условия возможного использования виброочистителей на всем диапазоне рабочих натяжений шахтных конвейерных лент*

**Ключевые слова:** ленточный конвейер, вибрационный очиститель, очистка ленты, натяжение ленты

**E. M. Arefyev, V. O. Gutarevich, P. O. Zabrodchenko**

### **ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF VARIABLE LOADING OF BELT CONVEYORS ON THE PARAMETERS OF THE BELT VIBRATION CLEANING PROCESS**

*The influence of the variable loading of the mine belt conveyor on the effective field of application of vibration cleaners is evaluated. The conditions for the possible use of vibration cleaners on the entire range of working tension of mine conveyor belts are determined*

**Keywords:** belt conveyor, vibration cleaner, belt cleaning, belt tension

#### **Введение.**

Повышение эффективности горнодобывающей отрасли невозможно без совершенствования ленточных конвейеров [1]. Очистка ленты от налипающей на нее горной массы является одной из важнейших операций при эксплуатации ленточных конвейеров на горных предприятиях. Некачественная очистка ленты вызывает: увеличение количества аварийных остановок конвейера, интенсивный износ ленты, загрязнение подконвейерного пространства просыпью транспортируемого груза. Среди всего разнообразия средств очистки шахтных конвейерных лент [2] наиболее перспективными являются виброочистители [3-5], которые обеспечивают: исключение износа рабочей обкладки конвейерной ленты, снижение коэффициента сопротивления движению ленты, сохранение неизменной во времени степени очистки и т. п. Широкое распространение виброочистителей ограничивается использованием упрощенных методик расчета, которые не учитывают в полной мере особенности рабочего процесса виброочистки и некоторые параметры, влияющие на эффективность работы.

Обоснованные области применения, особенности рабочих процессов и конструктивного исполнения вибрационных очистителей шахтных конвейерных лент наиболее полно изложены в [6-10]. Однако оценка влияния переменной загрузки шахтных конвейеров на параметры процесса виброочистки не исследовались и не публиковались.

**Цель исследования.** Провести оценку влияния переменной загрузки конвейера, на эффективную область применения вибрационных очистителей шахтных конвейерных лент.

**Основное содержание и результаты.** В соответствии с правилами безопасности [11] пуск конвейера должен производиться вхолостую, следовательно, перед остановкой конвейер должен разгрузиться.

Переходные режимы возникают при частичной или полной недогруженности конвейера и соответствуют значениям транспортируемого грузопотока от нулевого до расчетного. Натяжение ленты в месте очистки при недогруженности конвейера изменяется по отношению к номинальному: для конвейеров, работающих в двигательном режиме (уклонных, штрековых и некоторых бремсберговых) – уменьшается; для конвейеров, работающих в генераторном режиме (бремсберговых) увеличивается. В связи с этим, представляет интерес провести исследование влияния изменения натяжения ленты на качество ее очистки.

С использованием разработанной математической модели [12, 13] были проведены исследования влияния изменения натяжения ленты, вызванного переменной загруженностью конвейера, на параметры его работы.

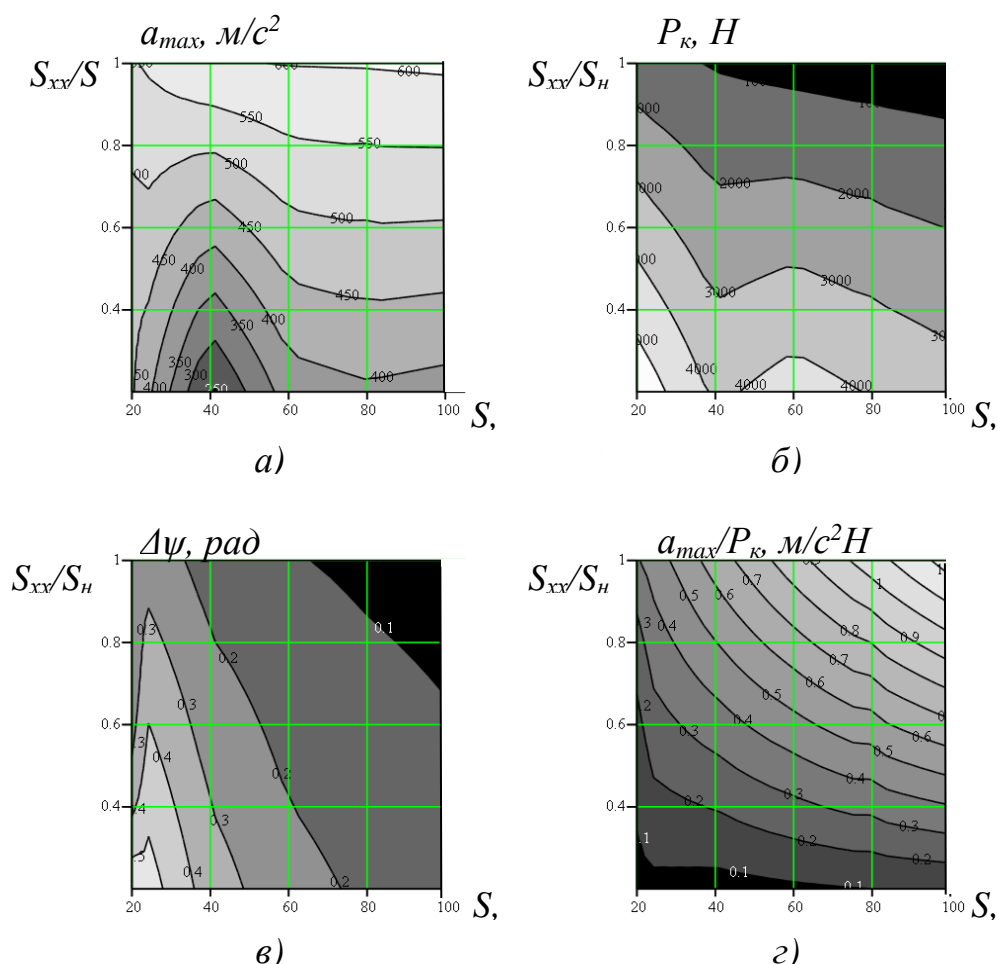


Рисунок 1. Зависимость виброускорения ленты  $a_{max}$  (а), контактной силы в ленте  $P_k$  (б), размаха колебаний рамы очистителя  $\Delta\psi$  (в) и отношения виброускорения ленты к контактной силе  $a_{max}/P_k$  (з) от отношения натяжений ленты в режимах холостого хода и номинальном  $S_{xx}/S_{ном}$  для различных номинальных натяжений ленты  $S$  для ленточного конвейера 2Л100У, работающего в двигательном режиме

На рис. 1 представлены зависимости виброускорения ленты (рис. 1, *a*), контактной силы в ленте (рис. 1, *б*), размаха колебаний рамы очистителя (рис. 1, *в*) и отношения виброускорения ленты к контактной силе (рис. 1, *г*) от отношения натяжений ленты в режимах холостого хода и номинальном для ленточного конвейера 2Л1100У, работающего в двигательном режиме.

Исследования проводились в диапазоне номинальных натяжений ленты от 20 до 100 кН при постоянном моменте магнитной силы 1760 Нм. Параметры очистителя настраивались на натяжение ленты, соответствующее ее номинальному натяжению. Для каждого номинального натяжения ленты диапазон натяжений холостого хода по отношению к номинальному составлял от 1 до 0,2.

Анализ зависимостей (рис. 1) показывает, что для уклонных конвейеров с малыми натяжениями (20 – 60 кН) изменение натяжения ленты в процессе работы более чем на 20%-50% приводит к существенному (на 25% и более) падению виброускорений ленты (рис. 1, *a*), что снижает качество очистки, а также к увеличению контактной силы в ленте до 3-х раз и более (рис. 1, *б*). Размах колебаний рамы очистителя увеличивается до 0,25 и более радиан (рис. 1, *в*), при этом, отношение виброускорения к контактной силе уменьшается до 0,1 – 0,2 м/с<sup>2</sup>Н (рис. 1, *г*).

Исследования проводились при постоянном моменте магнитной силы 1760 Нм, диапазон номинальных натяжений ленты составлял от 5 до 20 кН, диапазон натяжений холостого хода по отношению к номинальному составлял от 1 до 5.

Анализ зависимостей (рис. 2) показывает, что для бремсберговых конвейеров повышение натяжения ленты, вызванное разгрузкой конвейера, приводит к существенному увеличению как виброускорений (рис. 2, *a*), так и контактных сил в ленте (рис. 2, *б*). При этом контактные силы значительно превосходят силы, возникающие при работе виброочистителей на уклонных конвейерах (рис. 1, *б*). Размах колебаний рамы очистителя при увеличении натяжения в 2 раза и более составляет от 0,6 до 1,8 радиан (рис. 2, *в*).

На практике такие значения размаха колебаний рамы очистителя не могут быть реализованы в связи с ограниченностью пространства между грузовой и холостой ветвями конвейера в месте установки виброочистителя.

Отношение виброускорения к контактной силе при увеличении натяжения ленты в 2 и более раз составляет (0,09 ... 0,17) м/с<sup>2</sup>Н (рис. 2, *г*).

Таким образом, виброочистка конвейерных лент может быть рекомендована при натяжениях конвейерной ленты 60 кН и более. Однако, если натяжение ленты будет поддерживаться на постоянном уровне, то виброочистители можно использовать на всем диапазоне натяжений ленты.

Для исследования влияния изменения натяжения ленты в переходных режимах на рабочие режимы виброочистки получены зависимости виброускорений ленты, контактной силы и их отношения при изменении параметров: отношений текущего и номинального натяжений ленты в месте очистки -  $S/S_{ном}$  и отношений частоты виброочистителя к его собственной частоте -  $f/f_{0с}$ .

Были рассмотрены два случая: первый - постоянный момент магнитной силы, 1760 Нм (для бремсбергового и уклонного конвейеров) (рис. 3); второй - при постоянной энергии удара (рис. 4), для бремсбергового конвейера –  $6,3 \cdot 10^3$  Дж, для уклонного – 166 Дж.

С учетом того, что в режиме холостого хода натяжение ленты уклонного конвейера уменьшается, а бремсбергового – увеличивается, диапазон изменения натяжения

$S / S_{\text{ном}}$  для уклонного конвейера составлял от 1 до 0,05, а для бремсбергового от 1 до 20.

На рис. 2 представлены зависимости виброускорений ленты (рис. 2, а), контактной силы в ленте (рис. 2, б), размаха колебаний рамы очистителя (рис. 2, в) и отношения виброускорения ленты к контактной силе (рис. 2, г) от отношения натяжений ленты в режимах холостого хода и номинальном для бремсбергового ленточного конвейера 2Л1100У.

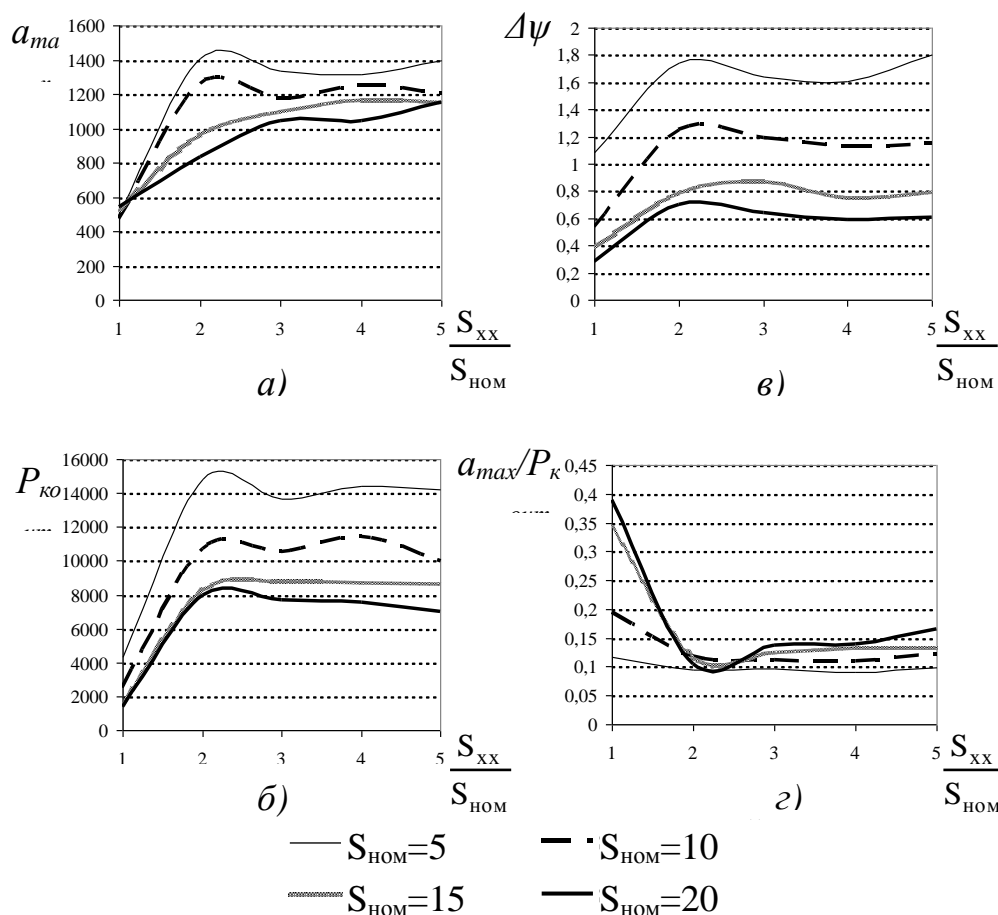


Рисунок 2. Зависимость виброускорения ленты  $a_{\text{max}}$  (а), контактной силы в ленте  $P_{\text{к}}$  (б), размаха колебаний рамы очистителя  $\Delta\psi$  (в) и отношения виброускорения ленты к контактной силе  $a_{\text{max}}/P_{\text{к}}$  (г) от отношения натяжений ленты в режимах холостого хода и номинальном  $S_{\text{xx}}/S_{\text{ном}}$  для бремсбергового конвейера 2Л1100У

При работе виброочистителя на собственной частоте ленты (пунктирная линия на всех графиках) достигается постоянное ускорение ленты практически на всем диапазоне изменения натяжения ленты как для уклонного (рис. 3, а), так и для бремсбергового (рис. 3, б) конвейеров.

Контактные усилия при этом минимальны для большинства значений натяжения ленты и составляют около 3000 Н (рис. 3, б). Эффективность изменения частоты возбуждения в соответствии с пунктирной линией четко иллюстрируется графиками отношения ускорения ленты к контактным силам. При этом, для бремсбергового конвейера

значения этого параметра достигают  $0,25 \text{ м/с}^2\text{Н}$  (рис. 3, д), а для уклонного  $1,1 \text{ м/с}^2\text{Н}$  (рис. 3, е).

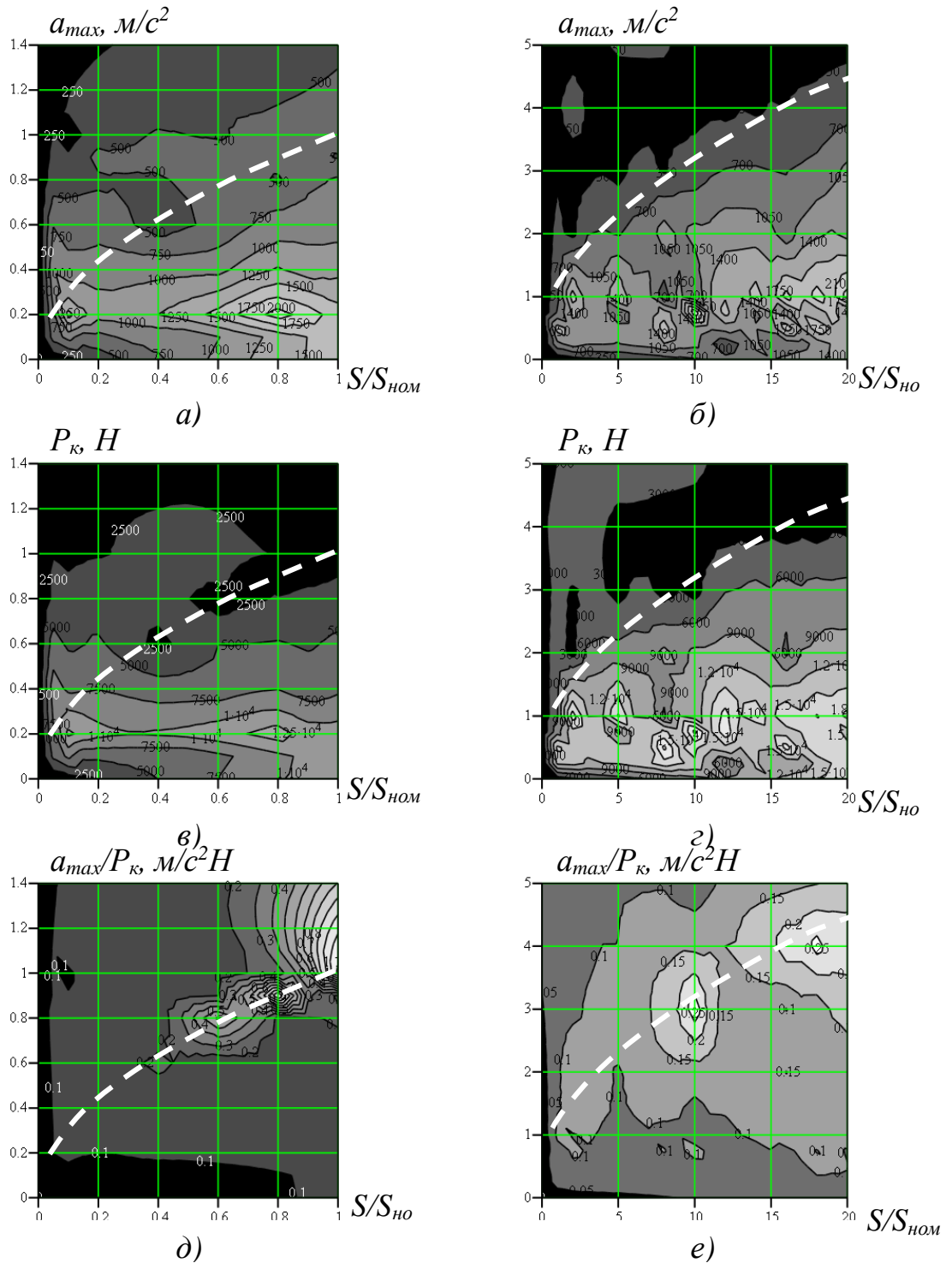


Рисунок 3. Зависимости ускорений ленты  $a_{max}$  (а, б), контактных усилий в ленте  $P_k$  (в, г) и отношения ускорений ленты к контактной силе  $a_{max}/P_k$  (д, е) от отношений натяжений ленты текущего и номинального  $S/S_{ном}$  и возмущающей частоты к собственной частоте очистителя  $f/f_{0в}$  для конвейера 2Л100У при постоянной силе магнита. Рисунки а, в, д - уклонный конвейер ( $S=105 \text{ кН}$ ); б, г, е - бремсберговый конвейер ( $S=4 \text{ кН}$ )

Таким образом, можно говорить о целесообразности изменения частоты возмущения в переходных режимах работы конвейера таким образом, чтобы она соответствовала собственной частоте ленты.

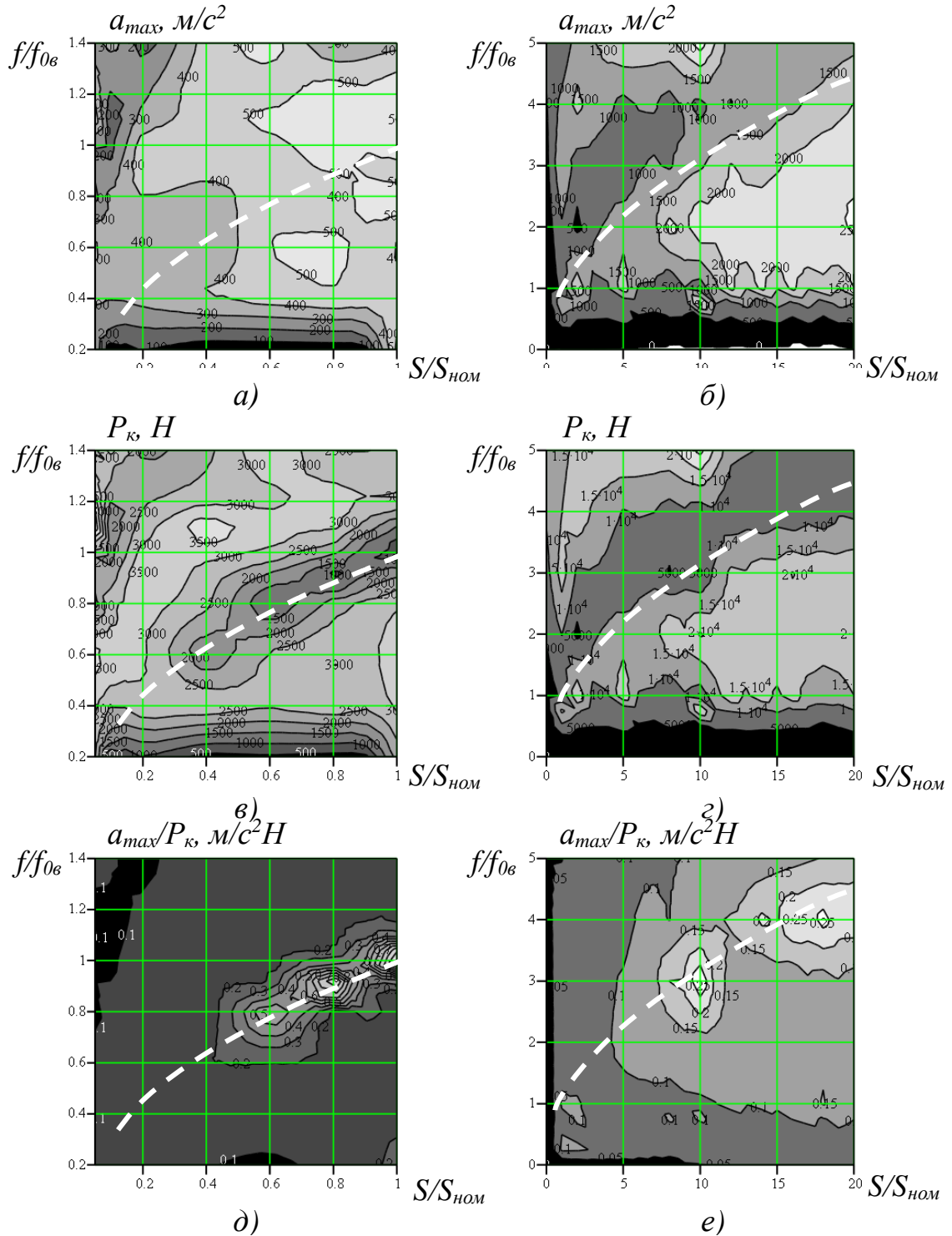


Рисунок 4. Зависимости ускорений ленты  $a_{max}$  (а, б), контактных усилий в ленте  $P_k$  (в, г) и отношения ускорений ленты к контактной силе  $a_{max}/P_k$  (д, е) от отношений натяжений ленты текущего и номинального  $S/S_{ном}$  и возмущающей частоты к собственной частоте очистителя  $f/f_{0b}$  для конвейера 2Л100У при постоянной энергии удара. Рисунки а, в, д - уклонный конвейер ( $S=105$  кН); б, г, е - бремсберговый конвейер ( $S=4$  кН)

Аналогичные исследования проводились и при работе очистителя, реализующего постоянную энергию удара. Ускорения ленты, при изменении частоты возмущения в соответствии с меняющимся натяжением ленты из условия обеспечения работы очистителя на собственной частоте ленты (пунктирная линия), для уклонного конвейера изменялись с 600 до 250 м/с<sup>2</sup> (рис. 4, а), для бремсбергового - от 600 до 1500 м/с<sup>2</sup> (рис. 4, б).

Контактные усилия вдоль пунктирной линии минимальны как для уклонного конвейера – от 500 до 2500 Н (рис. 4, в), так и для бремсбергового – 5000 Н – 10000 Н (рис. 4, з).

Значения отношения ускорения ленты к контактными силам вдоль пунктирной линии максимальны и, соответственно, для уклонного конвейера достигают 1 м/с<sup>2</sup>Н (рис. 4, д), а для бремсбергового 0,25 м/с<sup>2</sup>Н (рис. 4, е).

Максимальное значение отношения виброускорения ленты к контактной силе наблюдается при совпадении собственных частот очистителя и ленты с частотой возмущения (пунктирные линии на рис. 4). Изменение частоты возмущения в соответствии с режимами, обозначенными пунктирными линиями, позволит обеспечить практически постоянные значения виброускорений в режимах работы конвейера, отличных от номинальных.

### **Заключение.**

Изменение натяжения ленты в процессе работы ленточного конвейера, обусловленное его загруженностью, приводит либо к существенному снижению эффективности очистки, либо повышению контактной силы в ленте и размаха колебаний рамы очистителя, что создает трудности в технической реализации электромагнитного вибровозбудителя для этих условий эксплуатации конвейеров.

Значения виброускорений при изменении натяжения ленты, обусловленного его загруженностью, остаются относительно постоянными при совпадении собственной частоты ленты с частотой возмущения. Следовательно, виброочистители могут быть использованы на всем диапазоне рабочих натяжений ленты при:

- применении натяжных устройств, обеспечивающих постоянство натяжения в различных режимах работы конвейера;
- обеспечении изменения частоты возмущения в соответствии с текущей собственной частотой ленты.

### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Галкин, В. И. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий / В. И. Галкин, В. Г. Дмитриев, В. П. Дьяченко, И. В. Запенин, Е. Е. Шешко. – Москва: МГГУ, 2005. – 543 с.
2. Николаев, Е. Д. Антология очистки конвейерных лент от налипающих пород / Е. Д. Николаев, В. В. Чаплыгин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – № 3. – С. 386-399.
3. Будишевский, В. А. Сравнительный анализ технологий очистки конвейерных лент / В. А. Будишевский, Е. М. Арефьев // Вести Донецкого горного института. – 2009. – №1. – С. 8-11.
4. Будишевский, В. А. Сравнительный анализ качества очистки конвейерных лент ножевыми и вибрационными очистителями / В. А. Будишевский, Е. М. Арефьев,

Н. В. Хищенко, А. В. Мерзликин / Вести Донецкого горного института. – 2008. – №2. – С. 202-209.

5. Каледин, В. В. Способы очистки конвейерной ленты / В. В. Каледин, А. А. Абдрахманов, Г. Г. Сафин, Э. И. Суфияров, В. С. Великанов // Современные научные исследования и инновации. – 2016. – № 12 (68). – С. 257-261.

6. Бибииков, П. Я. Установление рационального типа и параметров механических очистных устройств ленточных конвейеров горных предприятий по переработке нерудного сырья: дисс. кандидата техн. наук: / П. Я. Бибииков – Москва – 2002. – 227 с.

7. Зиневич, В. Д. Вибрационная очистка конвейерных лент / В. Д. Зиневич, Ю. А. Пертен // Горные машины и автоматика. - М.: ЦИТИУгля. - 1961. – №1. – С. 71-76.

8. Арефьев, Е. М. Определение диапазона частот настройки виброочистителей шахтных ленточных конвейеров / Е. М. Арефьев, А. П. Кирьян // Вестник ДонНТУ. – 2019. – №3(17). – С. 3-8.

9. Кондрахин, В. П. Оптимизация параметров вибрационного очистителя конвейерной ленты / В. П. Кондрахин, Е. М. Арефьев // Горная электромеханика и автоматика. – 2012. – Вып. 88. – С. 84-89.

10. Арефьев Е. М. Определение качественных характеристик влияния параметров ленточного конвейера и очистителя на эффективность процесса виброочистки / Е. М. Арефьев, С. А. Матвиенко, А. В. Лукичев // Сборник трудов 17 международной научно-технической конференции «Чтения памяти В. Р. Кубачека». – Екатеринбург, 4-5 апреля 2019 г. – С. 106 -107.

11. Правила безопасности в угольных шахтах / Государственный Комитет горного и технического надзора ДНР. – Донецк, 2016. – 217 с.

12. Кондрахин, В. П. Математическая модель процесса вибрационной очистки конвейерной ленты / В. П. Кондрахин, Е. М. Арефьев, Н. В. Хищенко // Научные труды ДонНТУ. Серия горно-электромеханическая. – 2012. – Вып. 23(196). – С. 83-91.

13. Кондрахин, В. П. Оптимизация параметров вибрационного очистителя конвейерной ленты / В. П. Кондрахин, Е. М. Арефьев // Горная электромеханика и автоматика. – 2012. – Вып. 88. – С. 84-89.

Поступила в редколлегию 16.01.2020 г.